

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 09-246034

(43)Date of publication of application : 19.09.1997

(51)Int.Cl.

H01F 3/04

(21)Application number : 08-050545

(71)Applicant : ALPS ELECTRIC CO LTD  
NAGANO JAPAN RADIO CO  
INOUE AKIHISA  
MASUMOTO TAKESHI  
KAGAKU GIJUTSU SHINKO JIGYODAN

(22)Date of filing : 07.03.1996

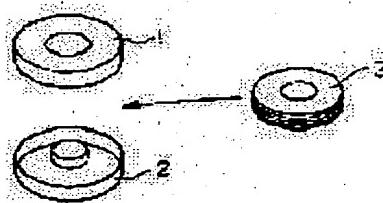
(72)Inventor : NAITO YUTAKA  
HANYA KATSUAKI  
HATAUCHI TAKASHI  
MAKINO TERUHIRO  
WADA SHINJIRO  
SAITO YUICHI  
INOUE AKIHISA  
MASUMOTO TAKESHI

## (54) MAGNETIC CORE FOR PULSE TRANSFORMER

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magnetic core for a pulse transformer which is excellent in impedance frequency characteristics and transmission characteristics over a wide of temperature by making a height of the transformer to be 3mm or less, while requiring a less number of turns in coil winding.

**SOLUTION:** The transformer magnetic core comprises a ring-shaped magnetic core body 3 made of magnetic material and resin coatings 1 and 2 covering the body 3. The magnetic core body 3 has an outer diameter of 10mm or less, a thickness of 1.2mm or less and an AL value of  $4.0 \mu H/N^2$  or more at 10kHz and at the time of an input of 0.1V. The magnetic core body 3 may comprise a wound soft magnetic alloy thin strip, laminated rings blanked by a press, or laminated E shaped and I shaped thin pieces blanked by pressing.



### LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 10.01.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

特開平9-246034

(43) 公開日 平成9年(1997)9月19日

(51) Int. Cl. 6  
H 01 F 3/04

識別記号 庁内整理番号

F I  
H 01 F 3/04

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数 11

OL

(全 10 頁)

(21) 出願番号 特願平8-50545  
 (22) 出願日 平成8年(1996)3月7日

(71) 出願人 000010098  
 アルプス電気株式会社  
 東京都大田区雪谷大塚町1番7号  
 (71) 出願人 000214836  
 長野日本無線株式会社  
 長野県長野市稻里町下氷鉈1163番地  
 (71) 出願人 591112625  
 井上 明久  
 宮城県仙台市青葉区川内元支倉35番地 川  
 内住宅11-806  
 (74) 代理人 弁理士 志賀 正武 (外2名)

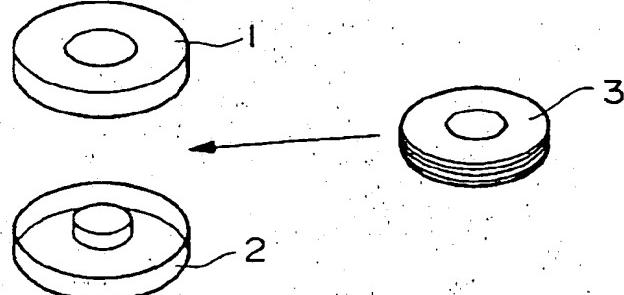
最終頁に続く

## (54) 【発明の名称】 パルストラ ns 磁心

## (57) 【要約】

【課題】 本発明は、広い温度範囲でインピーダンスの周波数特性と伝送特性に優れたパルストラ ns を実現するために、トランスの高さを 3 mm 以下に形成しても巻線数が少なくて済むパルストラ ns 磁心を提供することを目的とする。

【解決手段】 本発明は、磁性体からなる環状の磁心本体とそれを覆う樹脂被覆体を具備してなり、磁心本体の外径が 10 mm 以下、厚さ 1.2 mm 以下で、0.1 V 入力時の A L 値が 10 kHz において  $4.0 \mu H/N^2$  以上であるようにしたものである。また、前記磁心本体は、軟磁性合金薄帯を巻回して構成しても、プレスにより打ち抜いて得たリングを積層しても、プレスにより打ち抜いた E 型薄片と I 型薄片を積層して構成しても良い。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 板厚 $2.5\mu\text{m}$ 以下の軟磁性合金薄帯から得られたリングを積層して環状の磁心本体が構成され、この環状の磁心本体の外径が $1.0\text{mm}$ 以下、厚さ $1.2\text{mm}$ 以下で、 $0.1\text{V}$ 入力時のAL値が $1.0\text{kH}\cdot\text{z}$ において $4.0\mu\text{H}/\text{N}^2$ 以上であることを特徴とするパルストラ ns磁心。

【請求項2】 板厚 $2.5\mu\text{m}$ 以下の軟磁性合金薄帯から得られたE型薄片とI型薄片とU型薄片をそれぞれ積層してE型コアとI型コアとU型コアが構成され、E型コアとI型コア、E型コアとE型コア、U型コアとI型コア、U型コアとU型コアのいずれかが組み合わされて磁心本体が構成され、この磁心本体が厚さ $1.2\text{mm}$ 以下で、 $0.1\text{V}$ 入力時のAL値が $1.0\text{kH}\cdot\text{z}$ において $4.0\mu\text{H}/\text{N}^2$ 以上であることを特徴とするパルストラ ns磁心。

【請求項3】 前記リングが、樹脂製の被覆体の内部に $50\%$ 以上充填されてなることを特徴とする請求項1または2に記載のパルストラ ns磁心。

【請求項4】 前記軟磁性合金薄帯において、磁歪の絶対値が $1\times 10^{-6}$ 以下であることを特徴とする請求項1、2または3に記載のパルストラ ns磁心。

【請求項5】 板幅 $1.2\text{mm}$ 以下、板厚 $2.5\mu\text{m}$ 以下の軟磁性合金薄帯が巻回されて環状の磁心本体が構成され、この環状の磁心本体の外径が $1.0\text{mm}$ 以下で $0.1\text{V}$ 入力時のAL値が $1.0\text{kH}\cdot\text{z}$ において $4.0\mu\text{H}/\text{N}^2$ 以上であることを特徴とするパルストラ ns磁心。

【請求項6】  $-40^\circ\text{C}$ ～ $+100^\circ\text{C}$ の温度範囲において、室温に対するAL値の変動が $\pm 20\%$ 以内であることを特徴とする請求項1～5のいずれかに記載のパルストラ ns磁心。

【請求項7】 軟磁性合金が、その組織の $50\%$ 以上を平均結晶粒径 $3.0\text{nm}$ 以下の体心立方構造の微細な結晶粒を主体として構成される軟磁性合金であって、この軟磁性合金が、Feを主成分とし、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、Wからなる群から選ばれた1種または2種以上の元素とBを含んだものであることを特徴とする請求項1～6のいずれかに記載のパルストラ ns磁心。

【請求項8】 磁心本体を構成する軟磁性合金が、次式で示される組成を有するものであることを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載のパルストラ ns磁心。

$\text{Fe}_b\text{B}_x\text{M}_y$

但し、Mは、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、Wからなる群から選ばれた1種または2種以上の元素であり、組成比を示すb、x、yは、 $7.5 \leq b \leq 9.3$ 原子%、 $0.5 \leq x \leq 1.8$ 原子%、 $4 \leq y \leq 9$ 原子%である。

【請求項9】 磁心本体を構成する軟磁性合金が、次式で示される組成を有するものであることを特徴とする請

求項1～7のいずれかに記載のパルストラ ns磁心。

$\text{Fe}_b\text{B}_x\text{M}_y\text{X}_z$

但し、Mは、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、Wからなる群から選ばれた1種または2種以上の元素であり、XはSi、Al、Ge、Gaのうちの1種または2種以上あり、組成比を示すb、x、y、zは、 $7.5 \leq b \leq 9.3$ 原子%、 $0.5 \leq x \leq 1.8$ 原子%、 $4 \leq y \leq 9$ 原子%、zは4原子%以下である。

【請求項10】 磁心本体を構成する軟磁性合金が、次式で示される組成を有するものであることを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載のパルストラ ns磁心。

$\text{Fe}_b\text{B}_x\text{M}_y\text{T}_d$

但し、Mは、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、Wからなる群から選ばれた1種または2種以上の元素であり、Tは、Cu、Ag、Au、Pd、Ptからなる群から選ばれた1種または2種以上の元素であり、組成比を示すb、x、y、dは、 $7.5 \leq b \leq 9.3$ 原子%、 $0.5 \leq x \leq 1.8$ 原子%、 $4 \leq y \leq 9$ 原子%、dは4.5原子%以下である。

【請求項11】 磁心本体を構成する軟磁性合金が、次式で示される組成を有するものであることを特徴とする請求項1～7のいずれかに記載のパルストラ ns磁心。

$\text{Fe}_b\text{B}_x\text{M}_y\text{T}_d\text{X}_z$

但し、Mは、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、Wからなる群から選ばれた1種または2種以上の元素であり、Tは、Cu、Ag、Au、Pd、Ptからなる群から選ばれた1種または2種以上の元素であり、XはSi、Al、Ge、Gaのうちの1種または2種以上あり、組成比を示すb、x、y、d、zは、 $7.5 \leq b \leq 9.3$ 原子%、 $0.5 \leq x \leq 1.8$ 原子%、 $4 \leq y \leq 9$ 原子%、dは4.5原子%以下、zは4原子%以下である。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明はインピーダンスの周波数特性に優れパルス伝送特性に優れたパルストラ ns磁心に関する。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、電子機器の分野において、小型化、薄型化、高性能化が推し進められているが、特にISDN（統合デジタル通信網）等のインターフェース用のパルストラ nsにあっては、ITU-T勧告I.430等の厳しい規格に合致した電気的特性を満たす必要がある。前記規格に記載されている電気的特性の規定において、パルストラ nsの1次巻線インピーダンスは、 $1.0\text{kH}\cdot\text{z}$ で $1250\Omega$ 、 $1.00\text{kH}\cdot\text{z}$ で $2500\Omega$ 以上が必要であり、それぞれインダクタンスに換算すると、 $2.0\text{mH}$ 、 $4\text{mH}$ となる。また、出力パルス電圧波形は、前記規格に記載されているパルスマスクの範囲内に入らなければならず、インダクタンス値は、周波数に対してできる限りフラットであることが望まれる。一方、パル

ストラスに対しては、PCカード等への搭載のためには、小型化の要求が強く、例えば、PCMCIAカード（ノートパソコン用のインターフェース規格カードの1種）の内部基板上に実装するためには、カード自体の厚さが5mm程度であるのでパルストラスの高さを3mm以下にしなくてはならない制約がある。また、この場合の実装面積としては、一般に、14.0mm×14.0mm程度以下とする必要がある。

【0003】以上のような背景から、現在、ISDN用のパルストラスの磁心材料には、主に高透磁率フェライトが用いられ、トランスの磁心形状としては、結合面を鏡面加工したE-I型あるいはE-E型のものが用いられている。前記のE-I型磁心とは、E型のコア材とI型のコア材を突き合わせて一体化するものであり、E型コア材に巻線を施してトランスを構成する。また、E-E型磁心とは、E型のコア材を互いに合致するように突き合わせて一体化したものである。

#### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】現在、ISDN用のパルストラス磁心に用いられている高透磁率フェライトの初透磁率の公称値は、10000～12000であるが、フェライトの初透磁率は温度に対する変動が大きく、-20℃付近では公称値の-40%程度の値となることが知られている。従って、-40℃付近～+100℃付近の温度範囲でパルストラスの動作を保証するためには、フェライト磁心を用いる場合、公称値よりも遙かに低い初透磁率でトランスの設計を行わなくてはならない問題があった。このため、ISDN用のパルストラスに必要とされるインダクタンスを得るために、磁心の有効断面積を大きくするか巻数を多くすることが必要となる。しかしながら、従来構造のパルストラスにおいて巻数を多くすると、漏れインダクタンスが増大すること、巻線コイルの電位差のある部分（例えば、巻き始めと巻き終わり）の接近が避けられず、浮遊容量の増大を招くことになる。このため、トランスの伝送周波数帯域が狭くなり、波形の伝送忠実度を劣化させる。また一方、磁心の有効断面積を大きくするとパルストラス全体を小型化できないという問題がある。このため、フェライト磁心を用いて前記実装面積でISDN用の伝送特性の優れたパルストラスを製作しようとしても、トランスの高さを3mm以下にすることは困難である。なお、一部では、薄いフェライト磁心を用いて巻線数を100ターン以上の数に増加することで、要求される特性の最低範囲に到達できた構成も知られているが、この構成では巻線数が多く、100ターン以下の巻数で前述の如く要求される特性を満たすことはできなかった。

【0005】本発明は前記事情に鑑みてなされたものであり、広い温度範囲でインピーダンスの周波数特性と伝送特性に優れたパルストラスを実現するために、トランスの高さを3mm以下に形成しても巻線数が少なくて

済むパルストラスを提供することを目的とする。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明に係るパルストラス磁心は前記課題を解決するために、板厚25μm以下の軟磁性合金薄帯から得られたリングを積層して環状の磁心本体が構成されこの環状の磁心本体の外径が10mm以下、厚さ1.2mm以下で、0.1V入力時のAL値が10kHzにおいて4.0μH/N<sup>2</sup>以上であることを特徴とする。また、板厚25μm以下の軟磁性合金薄帯から得られたE型薄片とI型薄片とU型薄片をそれぞれ積層してE型コアとI型コアとU型コアが構成され、E型コアとI型コア、E型コアとE型コア、U型コアとI型コア、U型コアとU型コアのいずれかが組み合わされて磁心本体が構成され、この磁心本体が厚さ1.2mm以下で、0.1V入力時のAL値が10kHzにおいて4.0μH/N<sup>2</sup>以上である構成としても良い。前記リングが、樹脂製の被覆体の内部に50%以上充填されてなることが好ましい。また、前記軟磁性合金薄帯において、磁歪の絶対値が1×10<sup>-6</sup>以下であることが好ましい。

【0007】次に本発明において、板幅1.2mm以下、板厚25μm以下の軟磁性合金薄帯が巻回されて環状の磁心本体が構成され、この環状の磁心本体の外径が10mm以下で0.1V入力時のAL値が10kHzにおいて4.0μH/N<sup>2</sup>以上であることを特徴とすることもできる。また、-40℃～+100℃の温度範囲において、室温に対するAL値の変動が±20%以内であることを特徴とする先のいずれかに記載の構成にすることもできる。前記軟磁性合金を、その組織の50%以上を平均結晶粒径30nm以下の体心立方構造の微細な結晶粒を主体として構成され、Feを主成分とし、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、Wからなる群から選ばれた1種または2種以上の元素と、Si及び又はBを含んだものとすることができる。

【0008】次に前記軟磁性合金を次式で示される組成を有するものとすることができる。Fe<sub>b</sub>B<sub>x</sub>M<sub>y</sub> 但し、Mは、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、Wからなる群から選ばれた1種または2種以上の元素と、Si及び又はBを含んだものとすることができる。

Fe<sub>b</sub>B<sub>x</sub>M<sub>y</sub>X<sub>z</sub> 但し、Mは、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、Wからなる群から選ばれた1種または2種以上の元素であり、組成比を示すb、x、yは、7.5≤b≤9.3原子%、0.5≤x≤1.8原子%、4≤y≤9原子%である。前記軟磁性合金を次式で示される組成を有するものとすることができる。Fe<sub>b</sub>B<sub>x</sub>M<sub>y</sub>T<sub>d</sub> 但し、Mは、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、Wから

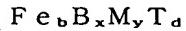
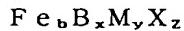
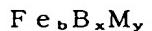
なる群から選ばれた1種または2種以上の元素であり、Tは、Cu、Ag、Au、Pd、Ptからなる群から選ばれた1種または2種以上の元素であり、組成比を示すb、x、y、dは、 $7.5 \leq b \leq 9.3$ 原子%、 $0.5 \leq x \leq 1.8$ 原子%、 $4 \leq y \leq 9$ 原子%、dは4.5原子%以下である。前記軟磁性合金を次式で示される組成を有するものとすることができる。 $Fe_bB_xM_yTaX_z$  但し、Mは、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、Wからなる群から選ばれた1種または2種以上の元素であり、Tは、Cu、Ag、Au、Pd、Ptからなる群から選ばれた1種または2種以上の元素であり、XはSi、Al、Ge、Gaのうちの1種または2種以上であり、組成比を示すb、x、y、d、zは、 $7.5 \leq b \leq 9.3$ 原子%、 $0.5 \leq x \leq 1.8$ 原子%、 $4 \leq y \leq 9$ 原子%、dは4.5原子%以下、zは4原子%以下である。

## 【0009】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態について説明する。本発明に係るパルストラ ns 磁心は、例えばトロイダル形状で実現される。このようなトロイダル形状のパルストラ ns の磁心は、後述する組成の軟磁性合金薄帯を後述する急冷法で製造した後、軟磁性合金薄帯をプレス打ち抜きしてリングを得、このリングを必要枚数積層して構成されるか、軟磁性合金薄帯を巻回して円環状に形成され、この磁心を例えばエポキシ系の樹脂で樹脂被覆するか樹脂ケースに封入して絶縁保護し、巻線することでパルストラ ns 磁心が得られる。また、EIコア型の磁心を実現するためには、前記軟磁性合金薄帯をE型あるいはI型になるようにプレス打ち抜きしてE型の薄片とI型の薄片を複数作成した後、E型薄片どうしあるいはI型の薄片どうしを積層してE型コアとI型コアを作成し、それらを接合することで得ることができる。また、これらのE型コアとI型コアを例えばエポキシ系の樹脂で必要部分を樹脂被覆するか樹脂ケースに挿入して必要部分を絶縁保護し、巻線した後にE型の磁気コアの側部とI型の磁気コアの側部を接合することでパルストラ ns 磁心が得られる。なお、前記磁心は、E型とI型コアを組み合わせたものに限定されず、E型コアとE型コア、U型コアとI型コア、U型コアとU型コアのいずれかの組み合わせから成る磁心であっても差し支えない。

【0010】図1と図2はトロイダル形状のトランス構成の一例を示すもので、図1に示す構成では、上下2つ割中空円環状の上ケース1と下ケース2の内部に軟磁性合金薄帯のリングを積層した磁心3を収納して構成され、図2に示す構成では、同様の上ケース1と下ケース2の内部に、軟磁性合金薄帯5を巻回し全体を樹脂被覆した構成の磁心6を収納してトランスが構成される。なお、前記上ケース1と下ケース2は、適宜使用すれば良く、樹脂被覆のみで磁心を構成して差し支えないのは勿論である。

【0011】前記軟磁性合金薄帯を構成する軟磁性合金として、Feを主成分とし、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、Wからなる群から選ばれた1種または2種以上の元素と、Bを含み、非晶質相の中に微細結晶粒が多数析出した組織のものが好適である。また、下記の各式で示される組成の軟磁性合金が特に好適である。



但し、Mは、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、Wからなる群から選ばれた1種または2種以上の元素であり、Tは、Cu、Ag、Au、Pd、Ptからなる群から選ばれた1種または2種以上の元素であり、Xは、Si、Al、Ge、Gaのうちの1種または2種以上であり、組成比を示すb、x、y、d、zは、 $7.5 \leq b \leq 9.3$ 原子%、 $0.5 \leq x \leq 1.8$ 原子%、 $4 \leq y \leq 9$ 原子%、dは4.5原子%以下、zは4原子%以下である。これらの組成の軟磁性合金において、Feの添加量を示すbの値は、9.3原子%以下である。これは、bが9.3原子%を超えると液体急冷法によって非晶質単相を得ることが困難になり、この結果、熱処理してから得られる合金の組織が不均一になって高い透磁率が得られないためである。また、飽和磁束密度1.0kG以上を得るために、bが7.5原子%以上であることがより好ましいのでbの範囲を7.5～9.3原子%とすることが好ましい。

【0012】また、Bには、軟磁性合金の非晶質形成能を高める効果、結晶組織の粗大化を防ぐ効果、および熱処理工程において磁気特性に悪影響を及ぼす化合物相の生成を抑制する効果がある。また、本来、 $\alpha$ -Feに対してZr、Hf、Nb等はほとんど固溶しないが、合金の全体を急冷して非晶質化することで、Zr、Hf、Nb等を過飽和に固溶させ、この後に施す熱処理によりこれら元素の固溶量を調節して一部結晶化し、微細結晶相として析出させることで、得られる合金薄帯の磁歪を小さくし、軟磁気特性を向上させることができる。また、微結晶相を析出させ、その微結晶相の結晶粒の粗大化を抑制するには、結晶成長の障害となり得る非晶質相を粒界に残存させることが必要である。さらに、この粒界非晶質相は、熱処理温度の上昇によって $\alpha$ -Feから排出されるZr、Hf、Nb等のM元素を固溶することで軟磁気特性を劣化させるFe-M系化合物の生成を抑制する。よって、Fe-Zr(Hf, Nb)系の合金にBを添加することが重要となる。Bの添加量を示すXが、0.5原子%を下回る場合、粒界の非晶質相が不安定となるため、十分な添加効果が得られない。また、Bの添加量を示すXが1.8原子%を超えると、B-M系およびFe-B系において、ホウ化物の生成傾向が強くなり、この結果、微細結晶組織を得るための熱処理条件が制約され、良好な軟磁気特性が得られなくなる。このように適

切な量のBを添加することで析出する微細結晶相の平均結晶粒径を30nm以下に調整することができる。

【0013】また、前記非晶質相を得やすくするために、非晶質形成能の特に高いZr、Hf、Nbのいずれかを含むことが好ましく、Zr、Hf、Nbの一部は他の4A～6A族元素のうち、Ti、V、Ta、Mo、Wのいずれかと置換することができる。このようなM元素は、比較的遅い拡散種であり、M元素の添加は、微細結晶核の成長速度を小さくする効果を持つと考えられ、組織の微細化に有効である。しかし、M元素の添加量を示すyが4原子%を下回る値になると、核成長速度を小さくする効果が失われ、この結果、結晶粒径が粗大化し良好な軟磁性が得られない。Fe-Hf-B系合金の場合、Hf=5原子%での平均結晶粒径は13nmであるのにに対してHf=3原子%では39nmと粗大化する。他方、M元素の添加量を示すyが9原子%を超えると、MB系またはFe-M系の化合物の生成傾向が大きくなり、良好な特性が得られない他、液体急冷後の薄帯状合金が脆化し、所定の磁心形状等に加工することが困難となる。よって、yの範囲を4～9原子%とすることが好ましい。

【0014】これらの元素の中でもNbとMoは、酸化物の生成自由エネルギーの絶対値が小さく、熱的に安定であり、製造時に酸化しづらいものである。よって、これらの元素を添加している場合は、製造条件が容易で安価に製造することができ、また、製造コストの面でも有利である。また、Si、Al、Ge、Gaのうち1種または2種以上(X)を4原子%以下含有することが好ましい。これらの元素は半金属元素として知られるものであるが、これらの半金属元素は、非晶質形成能を増大させ、またFeを主成分とするbcc相(体心立方晶の相)に固溶し、合金の比抵抗や磁歪値を変化させる。これらの元素の含有量が4原子%を超えると磁歪が大きくなるか、飽和磁束密度が低下するか、透磁率が低下するので好ましくない。

【0015】更に、Cu、Ag、Au、Pd、Ptの1種または2種以上(T)を4.5原子%以下含有させると、軟磁気特性が改善される。Cu等のように、Feと固溶しない元素を微量添加することにより、急冷直後の非晶質合金の組成が揺らぎ、Cuが結晶化の初期段階にクラスターを形成し、相対的にFeリッチな領域が生じ、 $\alpha$ -Feの核生成頻度を増加させることができる。また、結晶化温度を示差熱分析法により測定したところ、上記Cu、Ag等の元素の添加は結晶化温度をやや低めるようである。これは、これらの添加により非晶質が不均一となり、その結果、非晶質の安定性が低下したことによる起因と考えられる。不均一な非晶質相が結晶化する場合、部分的に結晶化しやすい領域が多数できず、核生成するため、得られる組成が微細結晶粒組織となると考えられる。以上の観点からこれらの元素以外の

元素でも結晶化温度を低下させる元素には、同様の効果が期待できる。

【0016】尚、これらの元素以外でも耐食性を改善するため、Cr、Ru、Rh、Irなどの白金族元素を添加することも可能である。これらの元素は、5原子%よりも多く添加すると、飽和磁束密度の劣化が著しくなるため、添加量は5原子%以下に抑える必要がある。また、他に、必要に応じてY、La、Ce、Pr、Nd、Pm、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Tm、Yb、Lu、Zn、Cd、In、Sn、Pb、As、Sb、Bi、Se、Te、Li、Be、Mg、Ca、Sr、Ba等の元素を添加することで得られる軟磁性合金の磁歪を調整することもできる。その他、前記組成系の軟磁性合金において、H、N、O、S等の不可避的不純物については所望の特性が劣化しない程度に含有していても本発明で用いる軟磁性合金の組成と同一とみなすことができる。

【0017】これらの元素を添加して前記軟磁性合金を製造する場合、具体的には、溶湯を急冷する際に使用するつぼのノズルの先端部に、不活性ガスを部分的に供給しつつ大気中で製造、もしくは大気中の雰囲気で製造することができる。また、前記の組成の合金は雰囲気調整可能な減圧室で製造する方が好ましく、つぼ内の溶湯を回転ドラム等の急冷装置に吹き付けて急冷することでリボン状の軟磁性合金薄帯を容易に得ることができる。急冷後の軟磁性合金薄帯は非晶質を主体とする組織を有するが、これを熱処理することで、微細結晶粒を多数析出させることができ、これにより高い飽和磁束密度と優れた軟磁気特性を兼ね備えた合金薄帯を得ることができる。

【0018】次に、この軟磁性合金薄帯をプレス加工等でリング状に打ち抜いて積層し、樹脂ケース等の被覆体に収納するか、軟磁性合金薄帯を直接ロール巻きして樹脂ケース等の被覆体に収納するか直接樹脂被覆を施することで、高い透磁率の磁心を得ることができるが、ここで用いる軟磁性合金薄帯の厚さは10～40μmの範囲で自由に選択することができる。これは、軟磁性合金薄帯の厚さを10μmを下回る値にすることは現状の急冷法の製造技術では難しく、軟磁性合金の厚さを40μmを40上回る値にすると非晶質相中に微細結晶粒を有する組織を得ることが出来難くなる。また、このようにして得られる磁心の大きさを外径10mm以下、高さが1.2mm以下としても、0.1V入力時のAL値が10kHzで4.0μH/N<sup>2</sup>以上、100kHzで2.0μH/N<sup>2</sup>以上を得ることができ、パルストラ ns用の磁心として必要な特性を確保できるようになる。

【0019】また、前記の組成系の合金を用いた磁心であれば、-40℃～+100℃の温度範囲において室温に対するAL値の変動を±20%にすることができる、さらに軟磁性合金薄帯の磁歪の絶対値が1×10<sup>-6</sup>以下で

あるので、樹脂被覆を施した場合あるいは樹脂ケースに封入した場合に磁歪により特性劣化を起こすおそれもない。また、前記の構成であれば、実装面積 14.0 mm × 14.0 mm 以下で高さ 3 mm 以下のパルストラ ns を実現することができる。また、前記の組成系であれば、10 kHz での透磁率が 40000 以上のものが容易に得られるので、優れたパルストラ nsを得ることができる。なおここで、AL 値とは、巻線数 1 ターン当たりのインダクタンスを示し、リング状磁心の断面積を S、磁路長を l とした場合に、 $AL = \mu_0 \mu' (S/l)$  (単位は、H/N<sup>2</sup>、 $\mu_0$  は真空の透磁率、 $\mu'$  は材料の比透磁率である) の式で示される値である。なお、磁心のインダクタンスが 100 kHz 以下で安定して高い値であれば、パルス波形を形の崩れていないう整った矩形波として伝送することができる。なおまた、軟磁性合金薄帯を巻回してなるトロイダル形状の磁心にあっては、形成できる薄帯の幅において 1.0 mm 程度が限界と思われるが、これ以上薄い磁心の製造には無理があると思われるが、軟磁性合金薄帯から打ち抜いたリングを積層してなる磁心本体の構造では、1.0 mm よりも薄い磁心本体を容易に製造することができ、薄型化を図ることができる。

## 【0020】

## 【実施例】

「実施例 1」 Fe<sub>86</sub>Nb<sub>3.25</sub>Zr<sub>3.25</sub>B<sub>6.5</sub>Cu<sub>1</sub> の組成を有する板厚 1.5 ~ 2.5 μm の軟磁性合金薄帯を用い、これから外径 7.8 mm、内径 4.8 mm のリングを打ち抜き加工により作製し、510 ~ 540 °C の温度で熱処理を行った。熱処理後のリングについては、コア部分の\*

| 板厚 (μm) | AL 値 ( $\mu\text{H}/\text{N}^2$ ) 10kHz | AL 値 ( $\mu\text{H}/\text{N}^2$ ) 100kHz |
|---------|---|--|
| 1.5.2   | 5.73                                    | 3.33                                     |
| 1.5.7   | 6.09                                    | 3.27                                     |
| 1.6.3   | 5.73                                    | 3.04                                     |
| 1.6.6   | 5.58                                    | 3.00                                     |
| 1.9.5   | 5.93                                    | 2.77                                     |

【0023】また、図 5 に、軟磁性合金薄帯の板厚を横軸とした場合の 10 kHz、100 kHz での AL 値の変化を示す。一般に、軟磁性合金薄帯を用いた磁心においては、軟磁性合金薄帯の板厚が厚くなると必ず電流損失が増大し高周波での透磁率が減少してインダクタンスが低下することが知られており、図 5 に示す通り、本発明に係る軟磁性合金薄帯を用いた磁心においても、用いる軟磁性合金薄帯の板厚が厚くなるのに伴い、100 kHz での AL 値が低下する傾向が見られた。これに対し、10 kHz での AL 値は、軟磁性合金薄帯の板厚 2.5 μm 付近まではほぼ同等の値が得られている。ここで、前述した規格による ISDN 用パルストラ ns では、100 kHz における AL 値が 2.0  $\mu\text{H}/\text{N}^2$  以上であることが望ましく、前述の結果から Fe<sub>86</sub>Nb<sub>3.25</sub>Zr<sub>3.25</sub>B<sub>6.5</sub>Cu<sub>1</sub> の組成を有する軟磁性合金薄帯を用

\* 高さ (リングの厚さ × 枚数) が 0.3 ~ 0.95 mm となるようにリングの必要枚数を算出し、外径 9 mm、内径 4 mm、高さ 1.5 mm の円環状の PET 系樹脂で作製したケースに挿入し、インピーダンスおよび透磁率を測定した。なお、ケース内部の高さは 1.0 mm である。

図 3 は、前記組成で板厚 1.5 μm の軟磁性合金薄帯を用いた場合の磁心 (コア) 部分の高さと、ケース内の高さから計算される充填率 (%) を横軸とした場合の巻線 20 ターンにおけるインピーダンス (|Z|) の変化を示すものである。また、図 4 は、横軸を図 3 と同様に充填率 (%) とした場合の透磁率変化 ( $\mu'$ ) を示したものである。

リングを積層してケースに充填する構成の場合、リングの厚さ方向に応力がかかりやすく、材料の持つ磁歪とその応力とによって透磁率の低下を引き起こすものと思われる。ここで用いた Fe<sub>86</sub>Nb<sub>3.25</sub>Zr<sub>3.25</sub>B<sub>6.5</sub>Cu<sub>1</sub> の組成の軟磁性合金薄帯の磁歪定数は、540 °C、30 分の熱処理後において  $-0.3 \times 10^{-6}$  程度と非常に小さいために、図 3 と図 4 に示す 90 % 前後の充填率であってもケース内に詰め込んだことに起因する応力により透磁率が低下することなく、インピーダンスも充填率の増大に伴い増加する結果となった。従って、高いインピーダンス値を得るには、充填率はできるだけ高くすることが好ましいと思われる。

【0021】次に、前記充填率を 92 ~ 93 % とした際に用いた軟磁性合金薄帯の板厚と、0.1 V 入力時の AL 値 (巻線 1 ターンあたりのインダクタンス) の測定結果を以下の表 1 に示す。

## 【0022】

## 【表 1】

い、磁心の外径が 7.8 mm、内径が 4.8 mm、高さが 0.92 ~ 0.93 mm のトロイダル形状の磁心とされた場合、軟磁性合金薄帯の板厚を 2.5 μm 以下とすることにより必要とされる特性を満足できることが明らかになった。なお、軟磁性合金薄帯の板厚は 1.0 ~ 2.5 μm の範囲で自由に選択できるが、軟磁性合金薄帯の製造条件を簡易とし、パルストラ ns 用としての積層厚さ等を考慮すると、1.5 ~ 2.0 μm の範囲の板厚を選択することがより好ましい。

【0024】「実施例 2」 Fe<sub>84</sub>Nb<sub>3.5</sub>Zr<sub>3.5</sub>B<sub>8</sub>Cu<sub>1</sub> の組成を有する板厚 1.6 μm の軟磁性合金薄帯を用い、これから外径 7.8 mm、内径 4.8 mm のリングを打ち抜きにより作製し、520 °C の温度で熱処理を行った。この合金薄帯の磁歪定数は、約  $+0.6 \times 10^{-6}$  であった。熱処理後のリングについては、磁心部分の高さ

が0.5~0.9mmになるように必要枚数を算出して、外径9mm、内径4mm、高さ1.5mmの樹脂ケースに挿入し、インピーダンス(|Z|)および透磁率( $\mu'$ )を測定した。図6は、磁心部分の高さとケース内の高さから計算される充填率(%)を横軸とした場合の巻線20ターンにおけるインピーダンスの変化を示すものである。また、図7は、横軸を図6と同様に充填率とした場合の透磁率変化を示したものである。なお、図6と図7には、先の実施例1で得られたFe<sub>86</sub>Nb<sub>3.25</sub>Zr<sub>3.25</sub>B<sub>6.6</sub>Cu<sub>1</sub>の組成を有する軟磁性合金薄帯を用いた場合の結果も併記した。

【0025】この例の磁心の透磁率は、材料の持つ磁歪とケースに詰め込んだことによる応力とに起因して60%以上の充填率で緩やかに低下し始め、75%以上では充填率の増大に伴い急激に低下した。インピーダンスは、磁心の透磁率と断面積に比例するために、10kHz、100kHzとともに充填率70%程度で最大となった。また、比較のために、図6と図7にFe<sub>73.5</sub>Si<sub>13.5</sub>B<sub>9</sub>Nb<sub>3</sub>Cu<sub>1</sub>なる組成の微結晶軟磁性合金薄帯を用いた場合の測定結果を示す。この軟磁性合金薄帯は、板厚19.6μmであり、530°Cでのアニール後の磁歪定数は+1.3×10<sup>-6</sup>で、1kHzの透磁率 $\mu'$ が80000であった。なお、この組成の軟磁性合金薄帯は非常に脆い性質を有し、しかも薄くなると低周波数での透磁率が低下する傾向が見られ、厚さ15μmの試料では1kHzの透磁率 $\mu'$ が約50000であったために、この厚さの試料は測定に使用しなかった。この比較例の系の合金では、より低い充填率からインピーダンスが低下し始めることが判明した。これは、ケースに対する充填密度を向上させてゆくと磁歪が透磁率に大きく影響し始めるためであると推定される。これに対して本発明に係る組成系の軟磁性合金薄帯を用いて磁心を製造すると、インピーダンスが低下し始める充填率が比較例のものよりも高いことが明らかである。

【0026】図6と図7で使用した試料と同じ試料で充填率とAL値の関係を求めた結果を図8に示す。図8に示す関係から、軟磁性合金薄帯から得たリングを樹脂ケースに封入して磁心を構成する場合、50%以上、より好ましくは55~80%の充填率とすることが好ましく、10kHzおよび100kHzの両方で要求を満たすためには、55~80%とすることがより好ましいことが明らかになった。

### 【実施例3】

【0027】図9は、先の実施例1と実施例2で用いた充填率80%の磁心における温度と透磁率変化の関係、および磁心材料としてフェライトを用いた場合の温度と透磁率変化の関係を示す。図9に示す結果から、本発明に係る軟磁性合金を用い、樹脂ケースに封入して作製したトランス(実施例1:□印、実施例2:○印)にあっては、-20°C~+100°Cに至る広い温度範囲で透磁

率の変化が極めて少なく、-20°C~+70°Cの範囲では±5%前後であり、-20°C~+100°Cの範囲でも+5~-10%の範囲内であることが判明し、温度変化による透磁率変動が比較例のものよりも生じ難いことが明らかである。

### 【0028】

【発明の効果】以上説明したように本発明によれば、軟磁性合金薄帯を巻回して磁心が構成されるか、軟磁性合金薄帯からプレスにより打ち抜いて得たリングを積層して磁心本体が構成され、磁心本体の外径が10mm以下、厚さ1.2mm以下で、0.1V入力時のAL値が10kHzにおいて4.0μH/N<sup>2</sup>以上であるので、少ない巻線数で高いインダクタンス値が得られる磁心を提供することができる。更に、使用温度が-20~+100°Cの範囲で変動しても、フェライト製の磁心を有する従来構造のものよりも透磁率変動を少なくでき、安定したインダクタンス値を得ることができる。また、板厚25μm以下で板幅1.2mm以下の軟磁性合金薄帯を巻回して構成することで前記特性のパルストラ ns磁心を得ることができる。

【0029】磁心本体を構成する軟磁性合金が、その組織の50%以上を平均結晶粒径30nm以下の体心立方構造の微細な結晶粒を主体として構成される軟磁性合金であって、この軟磁性合金が、Feを主成分とし、Ti、Zr、Hf、V、Nb、Ta、Mo、Wからなる群から選ばれた1種または2種以上の元素とBを含んだものである場合、0.1V入力時のAL値が10kHzにおいて4.0μH/N<sup>2</sup>以上あり、少ない巻線数で高いインダクタンス値が得られ、使用温度が-20~+100°Cの範囲で変動しても、フェライト製の磁心を有する従来構造のものよりもインダクタンス変動が少ないパルストラ ns磁心を確実に得ることができる。

【0030】また、適用する軟磁性合金として、Fe<sub>x</sub>M<sub>y</sub>系、Fe<sub>x</sub>B<sub>x</sub>M<sub>y</sub>X<sub>z</sub>系、Fe<sub>x</sub>B<sub>x</sub>M<sub>y</sub>T<sub>z</sub>系、あるいは、Fe<sub>x</sub>B<sub>x</sub>M<sub>y</sub>T<sub>z</sub>X<sub>z</sub>系の組成であって、各添加成分元素を規定の割合で含有させたものの場合、0.1V入力時のAL値が10kHzにおいて4.0μH/N<sup>2</sup>以上であり、少ない巻線数で高いインダクタンスが得られ、使用温度が-20~+100°Cの範囲で変動しても、フェライト製の磁心を有する従来構造のものよりもインダクタンス変動が少ないパルストラ nsを確実に得ることができる。

### 【図面の簡単な説明】

【図1】本発明に係る軟磁性合金薄帯から打ち抜いたりングを積層してなる磁心を備えたトランスの分解図であ

る。

【図2】本発明に係る軟磁性合金薄帯を巻回して構成した磁心を備えたトランスの分解図である。

【図3】 $\text{Fe}_{86}\text{Nb}_{3.25}\text{Zr}_{3.25}\text{B}_{6.5}\text{Cu}_1$ の組成を有する軟磁性合金リングをケースに充填した際の充填率とインピーダンスの関係を示す図である。

【図4】 $\text{Fe}_{86}\text{Nb}_{3.25}\text{Zr}_{3.25}\text{B}_{6.5}\text{Cu}_1$ の組成を有する軟磁性合金リングをケースに充填した際の充填率と透磁率の関係を示す図である。

【図5】軟磁性合金リングの板厚を横軸とした場合の10 kHz、100 kHzでのAL値の変化を示す図である。

【図6】 $\text{Fe}_{86}\text{Nb}_{3.25}\text{Zr}_{3.25}\text{B}_{6.5}\text{Cu}_1$ の組成を有する軟磁性合金リングをケースに充填して得た試料と、 $\text{Fe}_{84}\text{Nb}_{3.5}\text{B}_8\text{Cu}_1$ の組成を有する軟磁性合金リン

グをケースに充填して得た試料と、 $\text{Fe}_{73.5}\text{Si}_{13.5}\text{B}_{9}\text{Nb}_3\text{Cu}_1$ の組成を有する軟磁性合金リングをケースに充填して得た試料のそれぞれの充填率とインピーダンスの関係を測定した結果を示す図である。

【図7】図6で示す試料と同等組成の各試料について、充填率と透磁率の関係を測定した結果を示す図である。

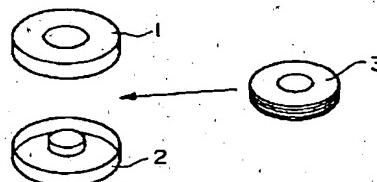
【図8】図6で示す試料と同等組成の各試料について、充填率とAL値の関係を測定した結果を示す図である。

【図9】図6で示す試料と同等組成の各試料とフェライ10ト材について、温度と透磁率変化率の関係を測定した結果を示す図である。

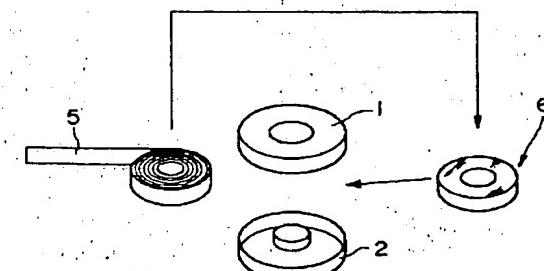
#### 【符号の説明】

- 3 磁心
- 5 軟磁性合金薄帯
- 6 磁心

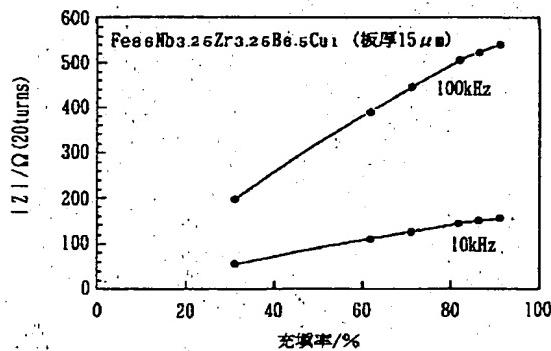
【図1】



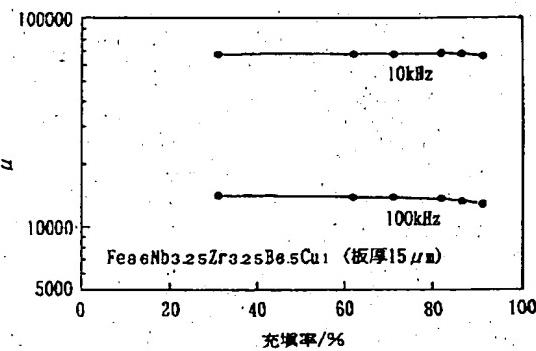
【図2】



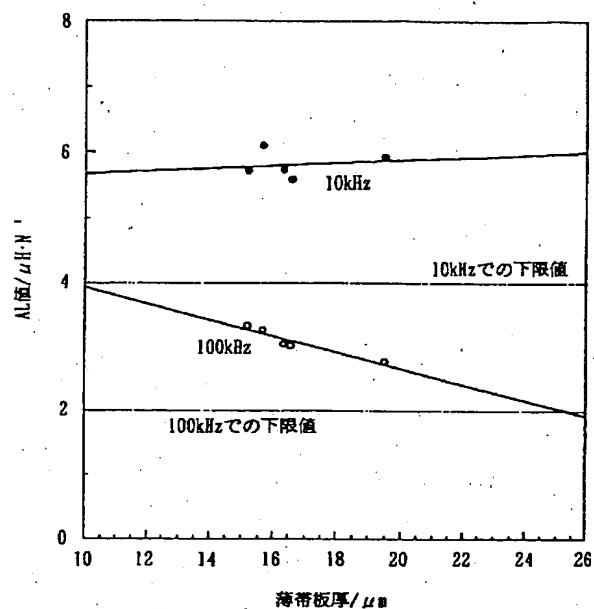
【図3】



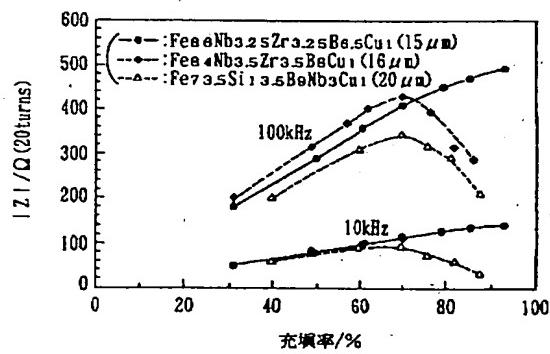
【図4】



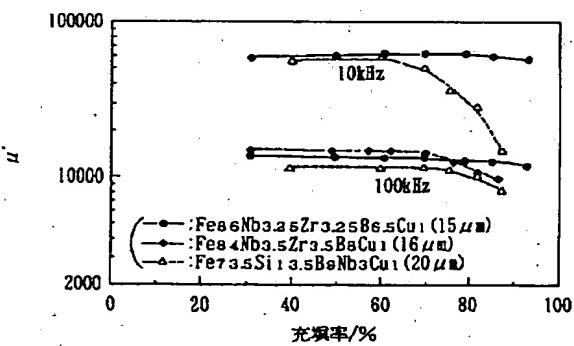
【図5】



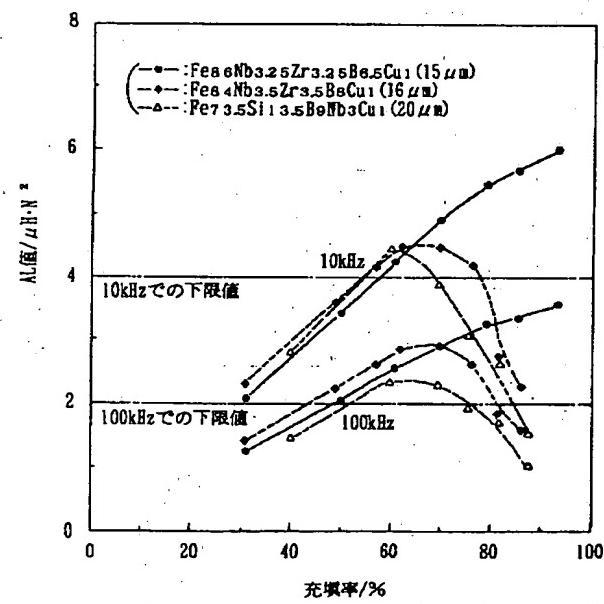
【図6】



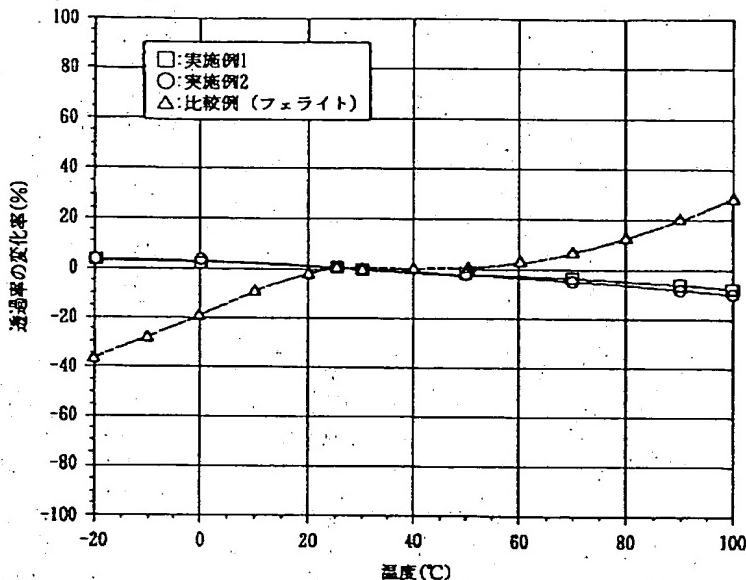
【図7】



【図8】



【図9】



## フロントページの続き

(71)出願人 391008456

増本 健

宮城県仙台市青葉区上杉3丁目8番22号

(71)出願人 396020800

科学技術振興事業団

埼玉県川口市本町4丁目1番8号

(72)発明者 内藤 豊

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルブ  
ス電気株式会社内

(72)発明者 半谷 勝章

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルブ  
ス電気株式会社内

(72)発明者 畑内 隆史

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルブ  
ス電気株式会社内

(72)発明者 牧野 彰宏

東京都大田区雪谷大塚町1番7号 アルブ  
ス電気株式会社内

(72)発明者 和田 真治郎

長野県長野市稻里町下氷鉋1163番地 長野  
日本無線株式会社内

(72)発明者 斎藤 雄一

長野県長野市稻里町下氷鉋1163番地 長野  
日本無線株式会社内

(72)発明者 井上 明久

宮城県仙台市青葉区川内無番地 川内住宅  
11-806

(72)発明者 増本 健

宮城県仙台市青葉区上杉3丁目8番22号